3
A Infra-estrutura CSBase

A fim de atender a uma demanda de aplicações específicas foi desenvolvido no laboratório TecGraf da PUC-Rio um *framework* denominado CSBase. O CSBase [30] é um *framework* que fornece uma infra-estrutura para gerenciamento de recursos e execução de aplicações científicas de alto desempenho em um ambiente computacional distribuído e heterogêneo. O *framework* possui uma arquitetura cliente/servidor, *web-based*, e oferece transparência na execução remota das aplicações científicas, além de tornar estas aplicações independentes da linguagem de implementação e da plataforma de execução.

A grande motivação para o projeto do *framework* CSBase foi a execução das aplicações em servidores ou aglomerados de computadores (*clusters computing*). Por questões de desempenho, certas aplicações são necessariamente executadas em máquinas multiprocessadas ou em aglomerados de máquinas. Nesse contexto, pode-se apontar diversas dificuldades:

- Dependência de plataforma: certas aplicações necessitam ser compiladas em sistemas operacionais específicos. Nem todas as aplicações podem ser compiladas para todos os sistemas operacionais utilizados.

- Baixo nível de integração: o usuário necessita integrar as aplicações manualmente, transferindo resultados de uma aplicação para outra.

- Baixa disponibilidade: como os programas são dependentes de plataforma, o usuário necessita ter acesso às plataformas corretas para poder executar as análises desejadas.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

- Complexidade de uso: o usuário necessita conhecer informações irrelevantes a aplicação para poder efetivá-la, tais como:

  - que máquinas estão disponíveis;
  - que sistema operacional é executado em cada máquina;
  - que programas estão disponíveis para cada sistema operacional;
  - qual programa será executado em qual máquina;
  - que conversões de formatos devem ser efetuadas para permitir a troca de dados entre os programas.

Tais dificuldades estabelecem as principais metas do projeto CSBase, que objetiva oferecer:

1. Integração das aplicações: utilizando o CSBase, o usuário deve ser capaz de executar todas as aplicações integradas em seu ambiente, trocando informações entre elas de maneira interativa e independente dos formatos de dados específicos de cada um. Em particular, o usuário deve poder transferir, sem restrições, dados resultantes de uma aplicação para outra que já esteja em execução.

2. Alta disponibilidade: o *framework* CSBase deve ser executado em rede local, como uma aplicação *web-based*, eliminando as restrições e a complexidade de uso impostas pela dependência de plataforma.

A utilização do CSBase neste trabalho deve-se ao fato dele proporcionar uma infra-estrutura de *software* concebida com o intuito de dar apoio à implementação e integração de aplicações científicas em ambientes distribuídos e heterogêneos, oferecendo suporte à execução de aplicações em ambientes distribuídos e ao gerenciamento de usuários e de recursos computacionais, tais como computadores, arquivos de dados e aplicações.

A seguir, descreve-se o *framework* CSBase originalmente concebido, sem o mecanismo proposto. No Capítulo 5 apresenta-se uma nova versão que inclui novas funcionalidades, tornando o *framework* CSBase mais escalável e permitindo o controle dos recursos (processador) presentes em máquinas conectadas a aglomerados.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

3.1.
Elementos funcionais e arquitetura

A arquitetura proposta para o *framework* CSBase envolve os seguintes componentes, ilustrados na Figura 9:

- SSI: Servidor do Sistema Integrador;
  - SSI-Corp: Servidor Principal do Sistema Integrador;
  - SSI-Local: Servidor Local do Sistema Integrador;
- SGA: Servidor de Gerência de Algoritmos;
- ISI: Interface do Sistema Integrador;
- IAS: Interface de Administração do Sistema.

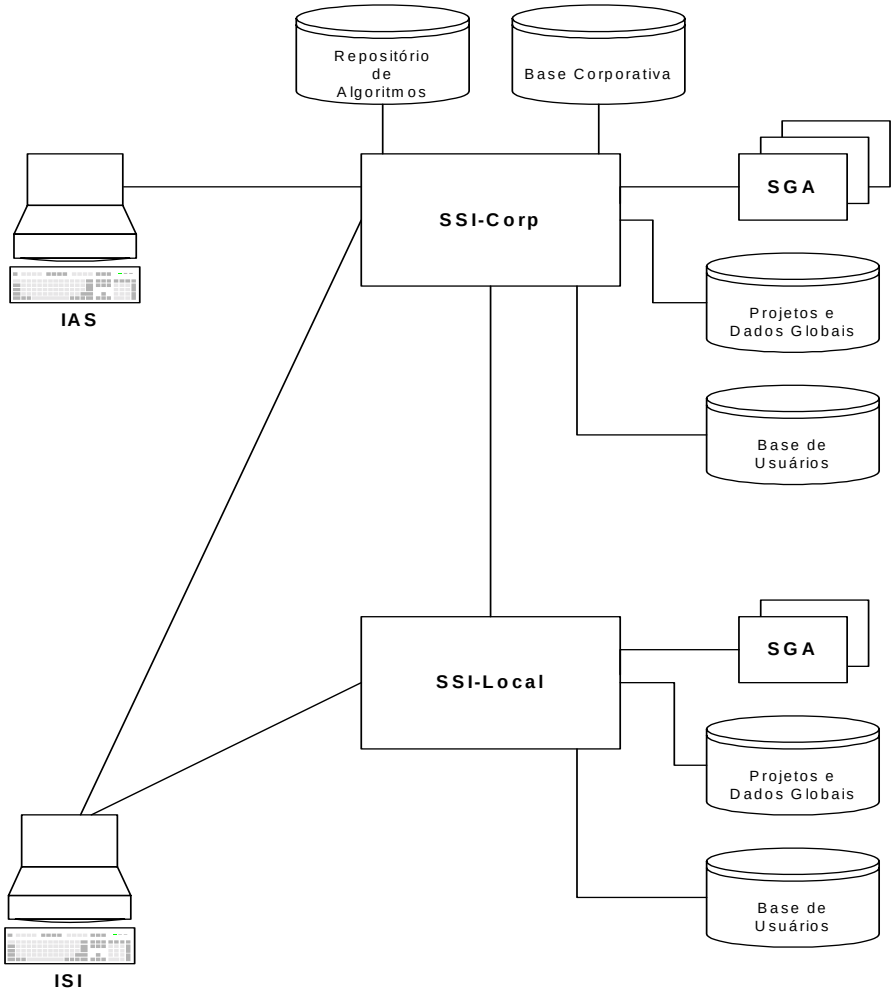

Figura 9 - Elementos funcionais e arquitetura do *framework* CSBase

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

Cada instância de Servidor do Sistema Integrador (SSI) deve ser instalada em conjunto com um servidor *web*. Além de fornecer às estações de trabalho dos usuários o *applet* que implementa a Interface do Sistema Integrador (ISI), um SSI mantém dados globais e dados dos projetos criados pelos usuários do sistema, oferecendo facilidades para a execução remota de aplicações. Para que um usuário tenha acesso ao Sistema Integrador, sua estação de trabalho precisa dispor apenas de um navegador *web* habilitado a executar o *applet* Java que implementa a Interface do Sistema Integrador (ISI).

A arquitetura prevê dois tipos de SSI: o SSI-Corp e o SSI-Local. O SSI-Corp é o servidor principal do sistema, com acesso direto a uma Base de Dados Corporativa. Cada domínio ou região pode ter o seu próprio SSI-Local, e um usuário pode se conectar tanto ao SSI-Corp como a qualquer SSI-Local. Domínio ou região é o limite de um aglomerado ao qual uma estação pode solicitar serviços.

O SSI-Corp é responsável pela manutenção da base de usuários do sistema. No entanto, cada SSI-Local possui uma réplica dessa base, atualizada automaticamente pelo sistema. A replicação da base de usuários nos diferentes domínios permite a autenticação de usuários que se conectem a um SSI-Local, mesmo quando a conexão com o SSI-Corp não estiver disponível. Essa facilidade, aliada à equivalência funcional entre os SSI's e à possibilidade de execução de aplicações instaladas em máquinas hospedeiras de seu próprio domínio, permite que os usuários do sistema trabalhem de forma independente do SSI-Corp, garantindo um alto grau de disponibilidade ao sistema.

O Servidor de Gerência de Algoritmos (SGA) é o servidor que gerencia as aplicações disponíveis em uma determinada máquina hospedeira. Ao ser ativado, um SGA informará ao SSI de seu domínio (SSI-Corp ou SSI-Local) a plataforma de sua máquina hospedeira e a descrição de cada aplicação por ele disponibilizada. Com base nessas informações, o SSI será capaz de comandar a execução remota das aplicações gerenciadas pelo SGA.

Assim como a ISI, a Interface de Administração e Configuração do Sistema (IAS) é implementada por um *applet* que pode ser executado em qualquer estação de trabalho que disponha de um navegador *web*. A IAS oferece ao administrador do sistema funções para a manutenção da base de usuários (cadastramento, atualização e remoção de usuários), e para a manutenção do Repositório de Algoritmos (cadastramento de aplicações). Como essas tarefas são centralizadas no SSI-Corp, apenas este servidor disponibiliza a interação com a IAS.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

3.2. Funcionalidades oferecidas pelo *framework* CSBase

- Gerenciamento de dados dos usuários: os arquivos dos usuários são organizados por projetos. A estrutura de um projeto é hierárquica, isto é, o usuário pode criar sub-diretórios para organizar melhor seus dados. Cada usuário pode gerenciar seus próprios projetos e compartilhar seus arquivos com mais de usuário.

- Gerenciamento de algoritmos: os algoritmos são registrados em uma estrutura de diretórios organizados por versão. O *framework* permite que novos algoritmos sejam incorporados dinamicamente ao sistema, oferecendo facilidades para construção das interfaces gráficas (GUI - *Graphical User Interfaces*) de parametrização e documentação desses algoritmos.

- Facilidades para construção e integração de aplicações: o *framework* oferece uma base de componentes para que o desenvolvedor possa criar e integrar diversos tipos de aplicações ao seu ambiente.

  - Componentes prontos simplificam a construção e a incorporação de aplicações em Java na estação de projetos do usuário. Essas aplicações executam como *applets* na máquina do cliente e podem comandar a execução remota de algoritmos.

  - Aplicações legadas podem ser executadas remotamente em uma das plataformas de execução de algoritmos, com redirecionamento da saída padrão para a máquina do cliente.

  - Uma biblioteca de entrada/saída via *web* (WIO - *Web Input/Output*) permite a integração de aplicações não desenvolvidas em Java e que precisem executar localmente fazendo acesso a área de projetos do usuário.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

- Gerenciamento e monitoração de plataformas de execução de algoritmos: o *framework* permite que diversas plataformas de execução de algoritmos sejam integradas ao ambiente. O usuário pode monitorar o estado dessas plataformas, utilizando diferentes tipos de gráficos de acompanhamento de ocupação do processador central e memória das máquinas.

- Execução remota de algoritmos: o usuário pode comandar a execução de um algoritmo em uma das plataformas de execução de algoritmos. A escolha da plataforma pode ser feita automaticamente ou o usuário pode selecionar uma disponível no ambiente. A ativação do comando de execução é implementada de forma independente da linguagem de implementação e da plataforma de execução do algoritmo.

- Acompanhamento da execução de algoritmos: o usuário pode acompanhar o andamento e interromper o processamento dos algoritmos que submeteu para execução remota.

- Trabalho cooperativo: o *framework* provê suporte a diversas facilidades para trabalho cooperativo.

  - Projetos podem ser criados com permissão de leitura e escrita para vários usuários.

  - O usuário pode publicar arquivos para leitura por outros usuários.

  - Mensagens instantâneas podem ser trocadas entre usuários.

  - Os usuários podem criar grupos de outros usuários, simplificando a troca de mensagens e a publicação entre os usuários desses grupos.

- Transferência de arquivos: o usuário pode fazer *upload* e *download* de arquivos usando o protocolo de transferência de arquivos (FTP - *File Transfer Protocol*) e o protocolo de transferência de hiper-textos (HTTP - *HyperText Transfer Protocol*).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

- Autorização de usuários: o administrador possui facilidades de cadastramento de usuários e senhas.

- Monitoração da ocupação de espaço em disco: o administrador pode monitorar a área de disco utilizado pelos projetos dos usuários.

3.3. O Servidor do Sistema Integrador (SSI)

Como foi visto anteriormente, a arquitetura do Sistema Integrador incorpora dois tipos de servidores: SSI-Corp e SSI-Local. Para um usuário do sistema, os dois tipos de SSI são equivalentes: ambos oferecem ao usuário, através de interações com a ISI, as mesmas funcionalidades. Contudo, as tarefas de administração e configuração do sistema são centralizadas no SSI-Corp.

Uma característica importante do SSI-Local é o fato de sua configuração ser, após a instalação, totalmente baseada nas interações com o SSI-Corp (e eventualmente com outros SSI's-Locais), e com os SGA's de seu domínio. Dessa forma, sua manutenção não requer intervenções de um administrador local, exceto para atividades rotineiras como *backup*, reativação, etc.

Os dois tipos de SSI's são ilustrados nas figuras a seguir. A Figura 10 apresenta o SSI-Corp e a Figura 11 mostra um SSI-Local.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

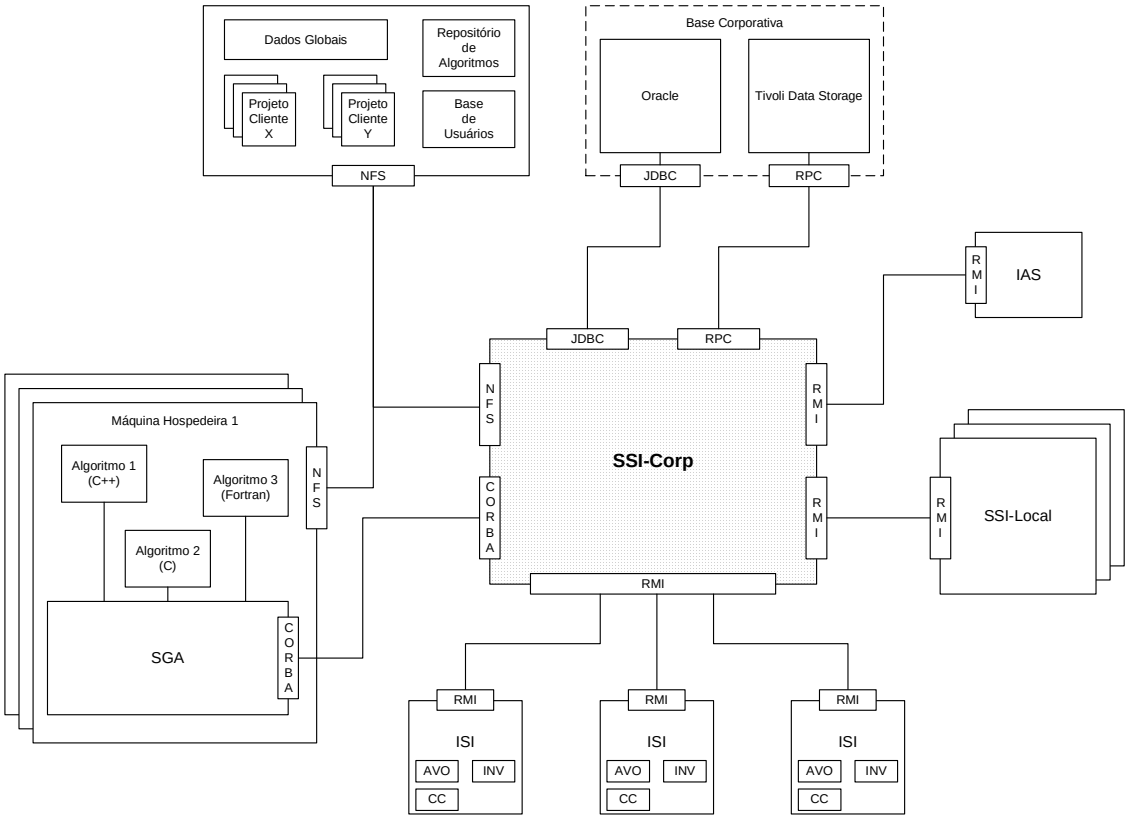

Figura 10 - SSI-Corp

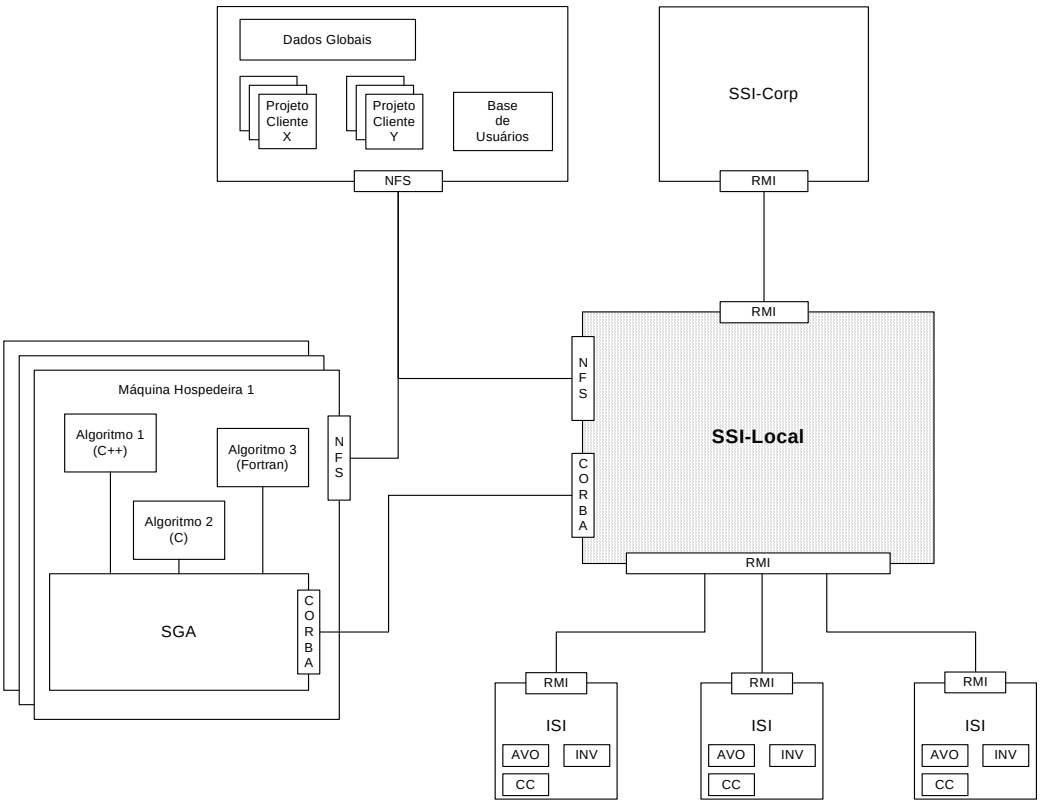

Figura 11 - SSI-Local

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

3.4.
O Servidor de Gerência de Algoritmos (SGA)

O Servidor de Gerência de Algoritmos (SGA) é um *daemon* instalado em cada máquina hospedeira, permitindo a um SSI comandar a execução das aplicações nela instaladas. Toda a interação entre um SGA e um SSI é realizada através de uma interface CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) [1] [3] [4].

Ao ser ativado, o SGA se registrará junto ao SSI de seu domínio, informando sua plataforma de *hardware* e *software* e fornecendo a descrição de cada aplicação por ele disponibilizada.

As informações de configuração de um SGA serão mantidas em um arquivo, consultado quando da sua ativação. Esse arquivo de configuração deverá possuir o nome ou endereço IP da máquina que executa o SSI de seu domínio e as informações das aplicações previamente instaladas.

3.5.
IDL CSBase

O *framework* CSBase utiliza três interfaces com padrão CORBA. CORBA utiliza a linguagem de definição de interface (IDL - *Interface Definition Language*) como uma forma de descrever interfaces, isto é, de especificar um contrato entre os objetos. IDL é uma linguagem puramente declarativa baseada em C. Isso garante que os componentes em CORBA sejam autodocumentáveis, permitindo que diferentes objetos, escritos em diferentes linguagens, possam interoperar através de redes e de sistemas operacionais (Figura 12).

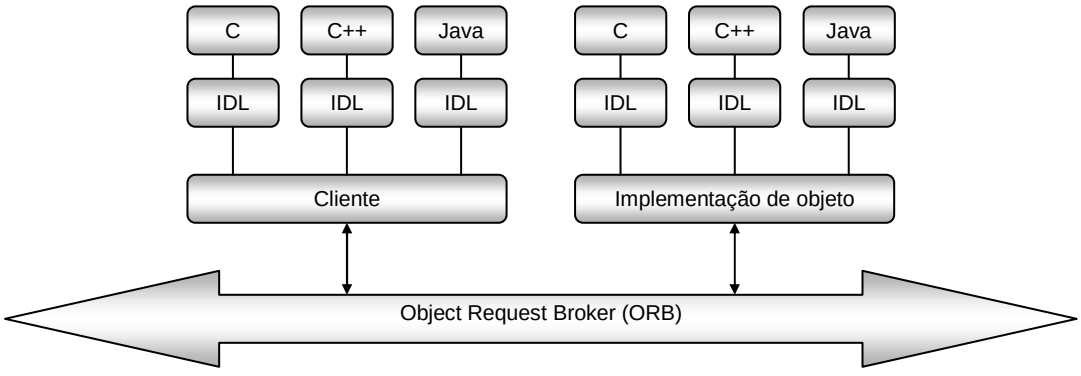

Figura 12 - A IDL provê independência de linguagem de programação entre os objetos

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

O desenvolvimento de uma interface escrita em IDL define a interface e especifica cada parâmetro da operação. É importante ressaltar que os objetos não são escritos em IDL, mas escritos em linguagens que possuem mapeamentos definidos dos conceitos existentes em IDL. A especificação de interfaces de objetos obrigatória na IDL, possibilita a portabilidade dos objetos através de diferentes linguagens, ferramentas, sistemas operacionais e redes.

As interfaces utilizadas pelo *framework* CSBase (entre o SGA e o SSI) oferecem operações para a gerência de execução remota das aplicações, fornecendo informações para monitoração de uma aplicação (e todos os seus processos) em execução numa máquina hospedeira (SGA), além da monitoração da carga imposta nestas máquinas assim como, o percentual de ocupação do processador no SGA (arquivo sga-daemon.idl). São elas: (i) Interface do gerenciador da aplicação (SGA *Command*). Para cada aplicação executada pelo SGA é criado um gerenciador de aplicação, capaz de identificar o processo principal, de indicar se a aplicação está ativa ou em execução, de fornecer informações de monitoração da aplicação ou de todos os processos que compõem esta aplicação, e de oferecer referências para o SGA responsável pela execução da aplicação. (ii) Interface do *daemon* SGA (SGA *Server*). Através desta interface é possível verificar se o SGA representa um aglomerado, se este SGA está ativo, se possui um determinado requisito externo que o habilite para execução de uma aplicação específica, se está apto a receber aplicações ou requisições de execução, e obtém-se a identificação desta máquina.

Existe ainda a interface SGA *Manager* (arquivo sga-manager.idl), que oferece operações para a obtenção de informações estatísticas sobre o fim da execução de uma aplicação, e possibilita o SGA verificar se o *manager* está acessível, além de oferecer operações para várias comunicações do SGA ao *manager*, como: que está ativo, que sairá do ar, que uma aplicação terminou, que está apto a receber novas aplicações, que não pode receber novas aplicações (essa notificação é enviada quando, através de algum procedimento local à máquina hospedeira, o SGA é solicitado a suspender, temporariamente, a execução de novas aplicações, como por exemplo, em caso de necessidade de reserva dos recursos da máquina hospedeira para a execução de uma tarefa prioritária). No entanto, o SGA e os gerenciadores de aplicações em execução continuarão ativos, e atendendo a requisições de monitoração.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

3.6. Fluxo de serviço do *framework* CSBase

A Interface do Sistema Integrador (ISI) permite que o usuário se autentique no sistema (flecha 1 da Figura 13), comande a criação de novos projetos, recupere projetos em andamento, execute diferentes aplicações, transfira dados entre as aplicações, comande a execução remota dessas aplicações e disponibilize dados gerados por seus projetos.

O SSI oferece aos usuários de seu domínio todas as aplicações que podem ser executadas em alguma das máquinas hospedeiras gerenciadas pelos SGA's registrados. Além disso, o SSI controla quais aplicações estão sendo executadas em quais SGA's e é capaz de informar ao usuário, através da ISI, o estado de uma execução comandada por esse usuário (flecha 2 da Figura 13).

Quando solicitado a executar uma aplicação escolhida pelo usuário (flecha 3 da Figura 13), o SSI consulta a descrição desta aplicação para obter, junto a este usuário, os parâmetros necessários para a execução, utilizando uma interface CORBA disponibilizada pelo SGA para comandar a execução e obter seu resultado. Baseado nos parâmetros informados pelo usuário, o SSI solicita que uma máquina hospedeira de SGA execute esta aplicação (flecha 7 da Figura 13) através de outra interface CORBA. Também através desta interface, o SGA informa ao SSI o resultado da execução da aplicação (sucesso, insucesso, etc.) (flecha 7 da Figura 13), e este SSI informa o resultado ao usuário que solicitou a execução (flecha 11 da Figura 13). Os dados de entrada e saída das aplicações devem estar disponíveis no domínio do SSI, podendo ser armazenados na própria máquina hospedeira ou acessíveis via NFS (*Network File System*).

Através de uma interface CORBA, um SSI é informado da ativação de um SGA em seu domínio. Ao ser ativado, o SGA se registra junto ao SSI de seu domínio (SSI-Corp ou SSI-Local), informando a plataforma de sua máquina hospedeira (plataforma de *hardware* e *software*), fornecendo a descrição de cada aplicação por ele disponibilizada (flecha 4 da Figura 13). Com base nessas informações, o SSI é capaz de comandar a execução remota das aplicações gerenciadas pelo SGA.

As informações de configuração de um SGA são mantidas em um arquivo, consultado quando da sua ativação. Esse arquivo de configuração deve possuir o nome ou o endereço IP da máquina que executa o SSI de seu domínio, e as informações das aplicações previamente instaladas (flecha 5 da Figura 13).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

Programaticamente (através de intervalos de tempo regulares e parametrizados – arquivo sgad-cnfavc.lua), o SGA envia ao SSI informações sobre seu estado e o de sua máquina hospedeira (flecha 6 da Figura 13). Essas informações podem ser exibidas ao usuário para que ele escolha aquela onde a aplicação deve ser executada (flecha 2 da Figura 13). Alem disso, essas informações também podem ser utilizadas pelo SSI na seleção da máquina hospedeira para a execução de uma determinada aplicação.

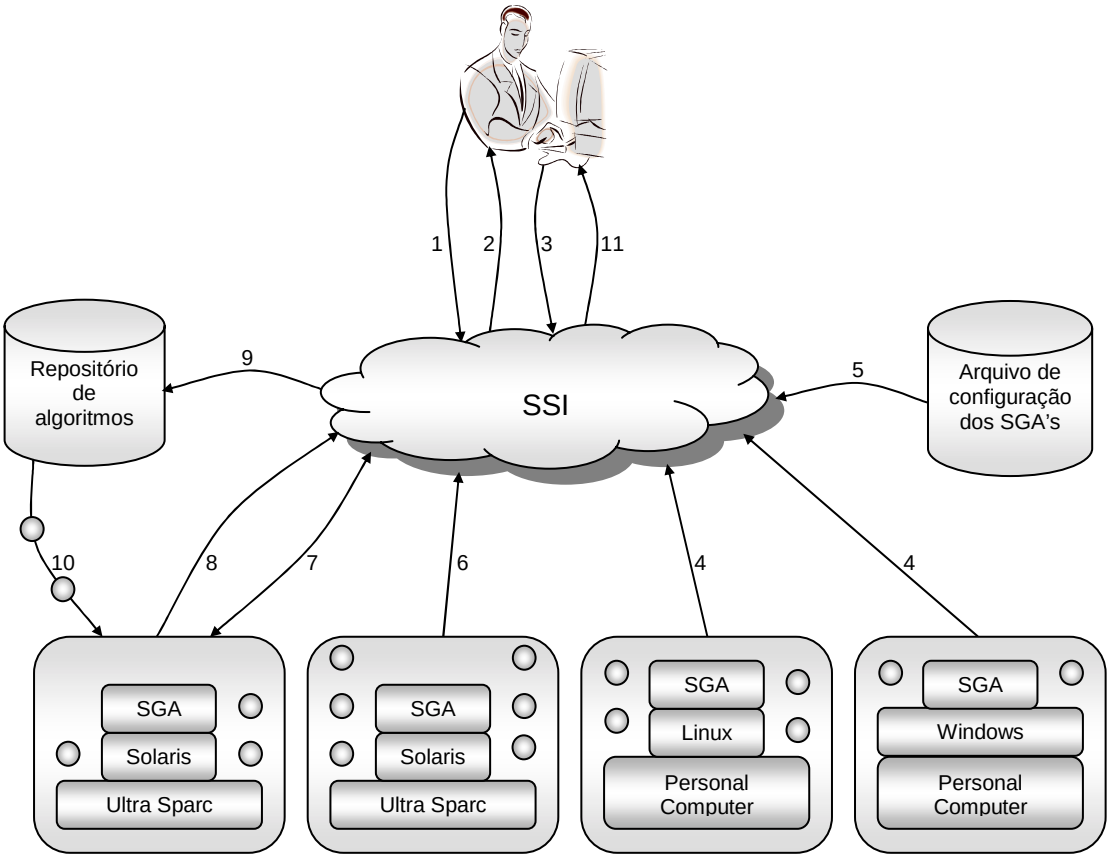

Figura 13 - Fluxo de serviço do *framework* CSBase

Quando mais de uma máquina hospedeira em um domínio disponibilizar uma determinada aplicação, o SSI permite que o usuário determine a máquina hospedeira de sua preferência (flecha 1 da Figura 13), ou delegue a seleção dessa máquina ao próprio SSI (flecha 7 da Figura 13).

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA

O SSI-Corp mantém um Repositório de Algoritmos (descrição e código) disponíveis para a instalação em diferentes plataformas. Dessa forma, quando um usuário estiver conectado ao SSI de seu domínio e necessitar executar uma aplicação que não esteja instalada em nenhuma das máquinas hospedeiras locais (SGA), a aplicação requerida poderá ser instalada dinamicamente (comandado pelo SSI) (flecha 9 da Figura 13) em uma máquina de plataforma adequada (SGA), a partir das informações do Repositório de Algoritmos do SSI-Corp (flecha 10 da Figura 13), devendo, para isso, interagir com o SGA de forma a fornecer as informações necessárias (flecha 8 da Figura 13). Vale notar que essa instalação é realizada de forma totalmente automática pelo sistema, não requerendo qualquer intervenção do usuário ou de um administrador.

A proposta atual do *framework* CSBase, como uma infra-estrutura de *software* concebidas com o intuito de dar apoio à implementação e integração de aplicações em ambientes distribuídos e heterogêneos, ainda oferece dificuldades na reserva justa e na gerência de recursos – via requisitos específicos – para a nova demanda de aplicações distribuídas.

A fim de atingir as novas expectativas dos usuários e satisfazer as necessidades impostas pelas aplicações ao sistema, verifica-se a necessidade de um mecanismo de gerência de recursos que suporte negociação, admissão e mecanismos de reserva, de uma maneira integrada e acessível. Este mecanismo deve ser flexível e escalável em diferentes tipos de recursos compartilhados e plataformas, deve permitir uma visão uniforme capaz de embutir a garantia de tempo dentro da gerência de recursos distribuídos, deve ser portável, e deve permitir que parâmetros como sincronização e retardo sejam obtidos para variadas aplicações.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 9916366/CA